

Requested Patent: JP60101942A

Title:

METHOD OF MEASURING ETCHING PIT ON SURFACE OF SINGLECRYSTAL AND APPARATUS THEREFOR ;

Abstracted Patent: JP60101942 ;

Publication Date: 1985-06-06 ;

Inventor(s): NOMURA KAZUO; others: 01 ;

Applicant(s): MITSUBISHI KASEI KOGYO KK ;

Application Number: JP19830208875 19831107 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: H01L21/66; G01B11/30; G01N21/84 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

PURPOSE:To easily measure the etching pit at the surface of single crystal by selectively exposing defective crystal part through the etching process to the flat crystal surface and measuring a number of reflected light fluxes corresponding to the etching pit among the lights reflected from the exposed surface which is irradiated with the light from the one direction.

CONSTITUTION:An X-Y-Z automatic stage apparatus 6 is disposed on a reflecting type occulting sight microscope 1, an etching-processed single crystal semiconductor is placed thereon and irradiated with the light emitted from a lighting source 2 through a rotating shielding disk 3, a half-mirror 4 and an objective lens 5. The light reflected from substrate is detected by an image pick-up apparatus 8 through an automatic focusing apparatus 7. An output signal is processed by an image processor 9 with an A-D converter being controlled by a CPU11, memory 12 and computer system 10 comprising printer 13 and the reflected light fluxes corresponding to the etching pit is measured. The stage apparatus 6 is previously controlled by the system 10.

## ⑪ 公開特許公報 (A) 昭60-101942

⑤Int.Cl.  
H 01 L 21/66  
G 01 B 11/30  
G 01 N 21/84

識別記号

厅内整理番号  
6603-5F  
8304-2F  
6539-2G

④公開 昭和60年(1985)6月6日

⑤発明の名称 単結晶表面のエッチピットの測定方法およびそのための装置

⑥特 願 昭58-208875

⑦出 願 昭58(1983)11月7日

⑧発明者 野村 一雄 横浜市緑区鶴志田町1000番地 三菱化成工業株式会社総合研究所内  
⑨発明者 積山 洋子 横浜市緑区鶴志田町1000番地 三菱化成工業株式会社総合研究所内  
⑩出願人 三菱化成工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番2号  
⑪代理人 弁理士 長谷川 一 外1名

## 明細書

## 1 発明の名称

単結晶表面のエッチピットの測定方法およびそのための装置  
特許請求の範囲

(1) 平坦な単結晶の表面をエッチング剤で処理することにより該表面の結晶欠陥部分に選択的に形成させたエッチピットの個数を測定する方法であつて、エッチピットの存在する単結晶表面に一方向から光を照射し、該表面からの反射光のうちエッチピットからのものを選択して検知装置で受光し、受光した反射光の光線束の数をもつてエッチピットの個数とすることを特徴とする方法。

(2) 単結晶が単結晶ウエハーであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の方法。

(3) 検知装置が撮像機器を含んでおり、その撮像面上に反射光の光線束の映像を形成させ、この映像をイメージプロセッサーで処理して光線束の数を自動的に算出することを特徴と

する特許請求の範囲第1項または第2項記載の方法。

- (4) 平坦な単結晶の表面にエッチング剤による選択的エッチングにより形成されているエッチピットの個数の測定装置であつて、
  - (i) 単結晶を保持する手段
  - (ii) 単結晶のエッチピットが存在する表面に一方向から光を照射する手段
  - (iii) 单結晶表面への光の照射方向を調整する手段、および
  - (iv) 单結晶表面からの反射光のうち、エッチピットからの反射光が到達する位置に受光面を有する反射光の検知手段を有することを特徴とする装置。
- (5) 検知手段が受光した反射光の光線束の数を自動的に算出する手段を有することを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の装置。

## 3 発明の詳細な説明

本発明は単結晶表面のエッチピットの測定方法およびそのための装置に関するものである。

特に本発明は単結晶ウエハーの表面のエッチピットの個数を光学的に測定する方法およびそのための装置に関するものである。

単結晶ウエハーは、集積回路素子その他の電子部品の素材として、今日の電子工業を支えている極めて重要な製品である。単結晶ウエハーには結晶欠陥が存在するが、その密度が高すぎるとこれを素材とする電子部品の性能が低下するので、単結晶ウエハーの品質管理においては、結晶欠陥密度の測定が重要な項目となつてゐる。

単結晶ウエハーの結晶欠陥密度の測定は、単結晶ウエハーを化学エッチング剤で選択的にエッチングして、結晶欠陥部分に逆多角錐状の凹部、すなわちエッチピットを形成させ、その密度を測定することにより行なわれてゐる。すなわち単結晶ウエハーを化学エッチング剤で選択的にエッチングすると、鋭い逆多角錐状の凹部(=エッチピット)が形成されるが、これは結晶の Dislocation に基づくもので、このエッチピットと結晶欠陥とは 1:1 の対応があるとされ

ている。従つて、このエッチピットの密度をもつて単結晶ウエハーの結晶欠陥密度の指標とする取扱いがなされている。

エッチピットは通常、数十μの大きさを有しているので、若しエッチピットが相互に十分に離れて存在していれば、光学顕微鏡で観察することにより、その密度を容易に測定することができる。しかしそくないしはそれ以上のエッチピットが互に接近して存在してて部分的に重なつてゐる場合には、これを個々のエッチピットに分離して観察することは一般に困難である。熟練した観察者ならば凹部の形状や陰影等から個々のエッチピットを分離して観察することも不可能ではないが、観察面の映像をテレビカメラ等の撮像装置とコンピュータを用いて自動的に処理してエッチピット密度を算出する場合には、何らかの対策を講じない限り、重なり合つたエッチピットを個々のエッチピットに分離して測定することはできない。

単結晶ウエハーの選択的エッチングにより形

成されるエッチピットは、ウエハーの種類およびエッチング面の結晶方位によつて定まる一定の形状を有している。すなわち同一ウエハー上のエッチピットはいずれも相似の形状である。また、各エッチピットはいずれも同一方向をむいている。すなわち各エッチピットの対応する辺は、いずれも互に平行な線上に存在してゐる。エッチピットのこのような特性は、単結晶ウエハーの結晶欠陥部分に形成されたことの必然的結果であると考えられる。

本発明は、単結晶ウエハーのエッチピットの上述の如き特性に基き、部分的に重なり合つたエッチピットをも個々のエッチピットに分離して測定することのできるエッチピットの測定方法およびそのための装置を提供するものである。すなわち本発明方法の要旨は、平坦な単結晶の表面をエッチング剤で処理することにより該表面の結晶欠陥部分に選択的に形成させたエッチピットの個数を測定する方法であつて、エッチピットの存在する単結晶表面に一方向から光を

照射し、該表面からの反射光のうちエッチピットからのものを選択して検知装置で受光し、受光した反射光の光線束の数をもつてエッチピットの個数とすることを特徴とする方法に存する。

また、本発明に係る装置の要旨は、平坦な単結晶の表面にエッチング剤による選択的エッチングにより形成されているエッチピットの個数の測定装置であつて、

(i) 単結晶を保持する手段

(ii) 単結晶のエッチピットが存在する表面に一方向から光を照射する手段

(iii) 単結晶表面への光の照射方向を調整する手段、および

(iv) 単結晶表面からの反射光のうち、エッチピットからの反射光が到達する位置に受光面を有する反射光の検知手段

を有することを特徴とする装置に存する。

本発明についてさらに具体的に説明すれば、本発明は単結晶ウエハー、例えばシリコンウエハー、GaAs ウエハー、GaP ウエハー等の結晶

欠陥密度の指標としてのエッチャビット密度の測定に主に適用されるが、これのみに限定されるものではなく、単結晶表面の選択的エッチャングにより形成したエッチャビットの測定一般に広く適用することができる。

単結晶表面の選択的エッチャングにより結晶欠陥部分にエッチャビットを生成させることは公知であり、例えば GaAs ウエハーの (111) 面の場合には、この面を十分に研磨して平滑にしたのち、  $3\text{H}_2\text{SO}_4 : 1\text{H}_2\text{O}_2 : 1\text{H}_2\text{O}$  の組成を有するエッチャング液で室温で 20 分間エッチャングすればよい。これにより逆三角錐状で直径が数十  $\mu$  の凹部すなわちエッチャビットが生成する。

本発明方法では、このようすエッチャビットの形成されている単結晶の表面に一方向から光を照射する。照射光は表面で反射されるが、表面の平坦部からの反射光とエッチャビットからの反射光とでは、反射の方向が異なる。かつまた、平坦部からの反射光は、平坦部が連続しているので全体として一つの光線束を形成するが、エ

ッチャビットは互にへだたつて存在しているので、そこからの反射光は、各エッチャビット (= 反射面) 每に別々に一つの光線束を形成する。単結晶表面の結晶欠陥部分をエッチャング剤により選択的にエッチャングして形成したエッチャビットの特性として、前述のようす各エッチャビットはいずれもほぼ同じ形状であり、かついずれもほぼ同じ方向に向いているので、これに一方向から光を照射すると、各エッチャビットからいずれもほぼ同じ方向に向う反射光が生ずる。従つてエッチャビットからの反射光の方向に検知器の受光面を位置させると、エッチャビットからの反射光を表面の平坦部からの反射光と分離して選択的に受光することができる。前述の如く、この反射光は個々のエッチャビット毎に一つの光線束を形成している。また、2 個以上のエッチャビットが部分的に重なり合つて一つの大きな凹部を形成している場合でも、それを構成する各エッチャビットの反射面は互に別個にかつ分離して存在しているので、各エッチャビットからの反射光は

やはりそれぞれ別個の光線束を形成する。従つて、検知器で受光した反射光の光線束の数を測定することにより、反射面の数、すなわちエッチャビットの数を算出することができる(第 1 図参照)。

本発明においては、単結晶表面への光の照射は一方向から行なうことが必要である。ここで一方向とは照射の方位および照射の角度が同一であることを意味する。照射の方位および照射の角度を選択して一方向から光を照射することにより、逆多角錐状のエッチャビットのいずれか一つの側壁が主反射面となるようにすることができ、従つてこの面からエッチャビット毎に分離された強い反射光を得ることができる。従つて本発明において一方向から光を照射するとは、照射の方位および照射の角度が厳密に揃つた光を照射することのみを意味するものではなく、エッチャビットの主反射面からの反射光と他の部分からの反射光とが、明確に区別し得る程度に方向性の揃つた光を照射することをも意味する

ものである。例えば GaAs ウエハーの (100) 面のエッチャビットの場合には、照射光の方位で 15 度(すなわち中心に位置する光に対して左右にそれぞれ 7.5 度) 程度の広がりを有する光を照射しても、各エッチャビットからの反射光を十分に区別することができ、このような場合も本発明に含まれるものである。しかし照射光の入射方位および入射角は、できるだけ揃つている方が好ましいことはいうまでもない。何故ならば照射光の方向性が揃つている方が、照射光の強さに対するエッチャビットからの反射光の強さの比が大きくなり、かつエッチャビットからの反射光がより明瞭となるからである。かつまた、照射光の方向性の広がりが大きくなり過ぎると、エッチャビットの 2 つまたはそれ以上の側壁からの反射光が同じ方向に向う場合が生ずるようになる。このような状態になると、2 つのエッチャビットが部分的に重なり合つて一つの凹部をなしている部分で、それぞれのエッチャビットからの反射光が重なり合つて一つの大きな反射光の

光線束を形成し、個々のエッヂピットを反射光で区別することができなくなる危険性がある。

単結晶表面への光の照射は、単結晶表面に対して垂直方向から行つてもよい。この場合にはエッヂピットからの反射光は斜方向に出るので、受光面の位置を調整して所望の反射光を選択的に受光するようになる。しかし通常は単結晶表面に対して斜方向から光を照射し、照射光の方向を調整して固定位置にある受光面に所望の反射光が選択的に到達するようになるのが好ましい。この場合にはエッヂピットの所望の反射面からできるだけ多量の反射光が受光面に到達するよう光の照射方向を調節することができ、従つて受光面上に明瞭な反射光の光線束を生じさせることができる。

エッヂピットからの反射光を受光してその光線束の数を算出する検知器としては各種のものを用いることができる。例えば最も簡単には、反射光を感光板上に導いて反射光の映像を作り、それを拡大して肉眼でその数を算出するこ

ができる。しかし通常は、エッヂピットからの反射光をテレビカメラ等の撮像装置に導いてその撮像面上に反射光の光線束の映像を形成させ、この映像をコンピュータを組込んだイメージプロセッサーで処理して、光線束の数を自動的に算出する。このような画像処理方法はいくつか知られており、なかでも特願昭58-59176の方法は高速処理が可能なので好ましい。この特願昭58-59176の方法を本発明に適用する一例について説明すると、前記の撮像面上の映像を格子状に配列した矩形の小域（ブロックと称する）に分割し、各ブロック毎の濃度（反射光量に比例した値）平均値を算出する。さらに、この平均値より、前記の光線束部分とそうでない背景部分を濃度により識別する閾値を算出する。この各ブロック毎の閾値により、閾値以上の点を光線束部分として1と記憶し、それ以外の点を0と記憶することにより、映像全体に多少の濃度ムラがあつたとしても正確に光線束部分と背景部分とを識別記憶することができる。

さらに、光線束部の数をカウントするには、互いに隣接した1の領域の数をカウントすればよい。特願昭58-59176には、前述のロジックを高速に遂行するための電子回路のブロックが記載されており、一映像の処理を1秒以下で実施できる。

次に本発明に係る装置について説明すると、本発明方法を実施するには、被測定物である単結晶を保持する手段と、該単結晶のエッヂピットが存在する表面に一方向から光を照射する手段と、該単結晶表面からの反射光のうち、エッヂピットからのものを選択して受光する手段が必要なことは勿論であり、かつ原理的にはこれだけで装置を構成することもできる。しかし実用的見地からは、エッヂピットから強い反射光を得ることができるように、単結晶表面に対する光の照射方向を調整する手段を備えているのが極めて望ましい。このような手段としては、例えば単結晶表面を同一平面内で回転させ得るようにして、かつこの単結晶表面に対して一定方

位から斜に光を照射するように装置を構成することがあげられる。また、この構成に加えて、単結晶表面を傾動させて照射光の入射角を調整し得るように装置を構成すると、光の照射方向を方位および角度の両方から調節できるので、任意の形状のエッヂピットの測定を行なうことができる。また、別法として、単結晶を一定位置に保持し、この表面に対する光の入射方位および好ましくはさらに入射角を調節するようにしてよい。例えば反射明暗視野照明装置付顕微鏡の載物台に単結晶ウエハーをのせ、光源からの光路上に狭い扇型のスリットをあけた遮光用の回転円板を設置し、この円板を回転させることにより、単結晶ウエハーに対する照射光の入射方位を調節するようになることができる。

さらに本発明方法を実施する装置は、受光した反射光の光線束の数を自動的に算出する計算手段を備えているのが望ましい。このような計算手段としては、反射光をテレビカメラ等の撮像装置に導いてそこで反射光の光線束の映像を

形成させ、この映像をコンピュータを組込んだイメージプロセッサーで処理する方式がある。本発明に係る装置の1例について図を参照して具体的に説明すると、第2図において(1)は反射明暗視野顕微鏡で、(2)はその照明用光源、(3)はその光路内に設けられた扇形スリットを有する回転遮光円板とこれを回転させる装置、(4)はハーフミラー、(5)は対物レンズ系、(6)はXYZ自動ステージ装置、(7)は自動焦点調節装置である。(8)は撮像装置、(9)はAD変換装置付イメージプロセッサーである。即ちコンピュータシステムで、(1)はその中央処理装置、(2)は記憶装置、(3)はプリンターである。この装置で単結晶ウエハーのエッヂピットを算出する方法について説明すると、自動ステージ装置(6)に単結晶ウエハーを載せ、照明用光源(2)からこれに光を照射する。光の大部分は回転遮光円板(3)で遮断され、スリットを通過した光だけが、対物レンズ系(5)を通過して、単結晶ウエハーに斜め上方から入射する。入射光は回転遮光円板(3)で一方向に描え

られているので、エッヂピットの或る側壁からの反射が選択的に撮像装置(8)に到達する。回転遮光円板(3)を回転させて入射光の方位を調節すると、撮像装置(8)に到達する反射光の強さが変化するので、反射光が最も強くなる位置に円板を固定する。この状態で撮像装置(8)に到達した反射光の映像を電気信号に変換し、AD変換装置付イメージプロセッサー(9)に数値データとして記憶する。この数値データを即ちコンピュータシステムにより処理し、反射光の映像の数を計算する。これにより視野中のエッヂピット数が得られるので、(2)の記憶装置に記憶させておく。次に(1)の中央処理装置からの指令で(6)の自動ステージ装置を駆動し、次の視野を顕微鏡下に持つてくる。(7)の自動焦点調節装置により焦点を合わせたのち、前述の映像処理操作を反復する。既述の如くエッヂピットはいずれも同じ方向を向いているので、今度は回転円板の調節は不要である。必要な回数上述の映像処理操作を反復したのち、(2)の記憶装置のデータにより、平均

エッヂピット密度、等エッヂピット密度線図等を即ちのプリンターで出力する。

第3図は第2図の装置に用いられている回転遮光円板であり、(1)はスリット、(2)は回転軸である。スリットの角度は小さいほど照射光の方向性が良くなりエッヂピットが明瞭となるが、他方において照射光の光量が減少し、反射光が弱くなる。従つてスリットの角度は光源の強さと、得られる反射光の明瞭性とを考慮して決定する。例えばGaAsウエハーの(100)面のエッヂピットの場合には、スリット角度を15度としても明瞭な反射光を得ることができる。

また、スリットの長さも必ずしも中心から周辺までの全長にわたっている必要はない。図のようすに全長にわたるスリットを設けると、ウエハーに対する照射光の入射角が広がることになるので、このことは一面において入射角の調節を行なわなくてもエッヂピットからの反射光が得られ易いという利点があるが、他面において反射光の明瞭性が損なわれ易いという欠点があ

る。従つてスリットの半径方向の任意の部分を遮蔽して、照射光の入射角を調節し得るようになるのが好ましい。

本発明によれば、簡単な装置で単結晶表面のエッヂピットを容易に測定することができる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理を説明するためのもので、2つのエッヂピットが部分的に重なつた凹部からエッヂピット毎に分離された反射光が得られる状態を示すものである。

第2図は本発明に係る装置の1例の模式図である。

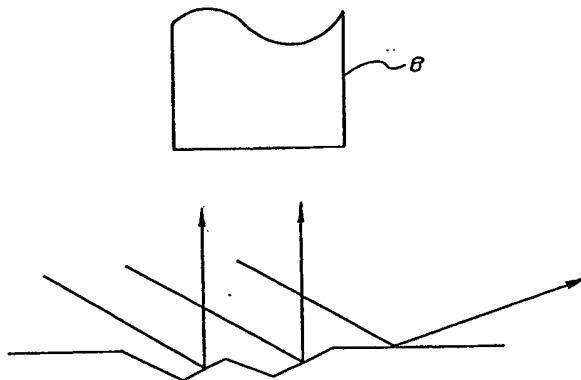
第3図は第2図の装置に用いられている回転遮光円板である。

- (1) 反射明暗視野顕微鏡、(2) 照明用光源、
- (3) 回転遮光円板とその回転装置、(4) ハーフミラー、(5) 対物レンズ系、(6) XYZ自動ステージ装置、(7) 自動焦点調節装置、
- (8) 撮像装置、(9) AD変換装置付イメージプロセッサー、(10) コンピュータシステム、

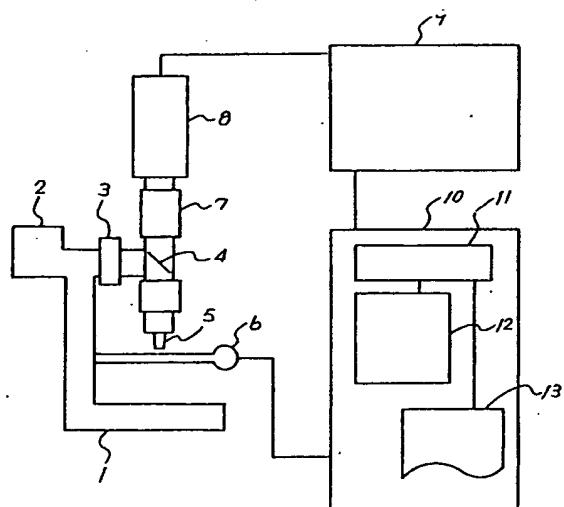
① 中央処理装置、② 記憶装置、③ プリンタ、  
④ スリット、⑤ 回転軸

第 1 図

特許出願人 三菱化成工業株式会社  
代理人 弁理士 長谷川 一  
ほか 1 名



第 2 図



第 3 図

